

۱۶ و ۱۷ اسفندماه ۱۳۹۴ دانشگاه یزد

## روشی نوین جهت قرائت اپتیکی پاسخ دزیترهای ژلی پلیمری در پرتودهی اشعه گاما

ابطحی، سید محمد مهدی\* (۱)

دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)، دانشکده علوم، گروه فیزیک

### چکیده:

توانائی منحصر به فرد دزیترهای ژلی پلیمری در تعیین توزیع سه بعدی دز آنها را به ابزاری جذاب برای کاربردهای مختلف تبدیل کرده است. در این پژوهش شفافیت دزیتر PAGATUG قبل از پرتودهی و کدر شدن آن پس از پرتودهی انگیزه‌ای برای بررسی اپتیکی پاسخ دزیتر شد. پس از پرتودهی دزیتر PAGATUG با روش معمول طیف‌سنجی و همچنین با بررسی تغییرات سطح زیر طیف جذبی به‌عنوان پارامتری نوین مورد ارزیابی قرار گرفت. در هر دو مورد رابطه دو نمائی و خطی با  $R^2$  و Adjusted-  $R^2$  بیش از ۰/۹۹ روند مطلوب تغییرات را نشان می‌داد. پارامتر جدید با حساسیت قابل توجهی که نسبت به تغییرات دز دارد تاثیر بسزائی در بهبود دقت دز در دزیترهای ژلی- پلیمری ایفا می‌نماید.

کلمات کلیدی: دزیتر ژلی- پلیمری؛ PAGATUG؛ دز جذبی؛ قرائت اپتیکی؛ سطح زیر طیف.

### مقدمه

توانائی منحصر به فرد دزیترهای ژلی پلیمری در تعیین توزیع سه بعدی دز آنها را به ابزاری جذاب برای کاربردهای مختلف تبدیل کرده است [۱]. روش متداول برای قرائت دزیترهای ژلی-پلیمری استفاده از روش تصویربرداری تشدید مغناطیسی (MRI) می‌باشد [۲]. با توجه به گران بودن قرائت با این روش و همچنین عدم دسترسی به سیستم MRI در تمامی مراکز دزیتری، استفاده از تغییرات خواص اپتیکی دزیتر پس از پرتوگیری جهت قرائت پیشنهاد شده است [۳]. در این روش میزان جذب در یک طول موج مشخص برای ویالهایی که دزهای مختلفی جذب کرده‌اند، اندازه‌گیری می‌شود و میزان جذب بر حسب دز جذبی نمودار کالیبراسیون را بدست می‌دهد [۳]. ابطحی و همکاران با اصلاح ترکیب دزیتر ژلی پلیمری PAGATUG به ترکیب جدیدی به نام PAGATUG دست پیدا کردند [۴]. هدف از پژوهش حاضر بررسی اپتیکی دزیتر PAGATUG می‌باشد. علاوه بر روش مرسوم در بررسی اپتیکی، در این پژوهش پارامتر جدیدی برای قرائت اپتیکی معرفی خواهد شد که حساسیت آن نسبت به تغییر دز جذبی به طور قابل ملاحظه‌ای بیش از روش مرسوم می‌باشد.

### روش کار:

ترکیب دزیتر ژلی پلیمری PAGATUG در جدول ۱ آورده شده است.

۱۶ و ۱۷ اسفندماه ۱۳۹۴ دانشگاه یزد

جدول ۱- نسبت مواد مورد استفاده برای تولید ژل PAGATUG

ماده	ژلاتین	بیس	اکریلامید	(THPC)	هیدروکینون	گلوکز	اوره
مقدار	%۵	%۳	%۳	۵ mM	۰/۰۱ mM	%۸/۵	%۳

پس از تولید دزیمر ژلی پلیمری درون Cuvette های طیف‌نگاری از جنس پلی‌استایرن ریخته شد. به منظور پرتو دهی Cuvette ها زیر ۵ cm و بالای ۴ cm از صفحات پرسپکس روی هم قرار گرفتند (شکل ۱- الف). مدل سیستم پرتو دهی کبالت کلینیکی مورد استفاده Theratronics بود.



ب



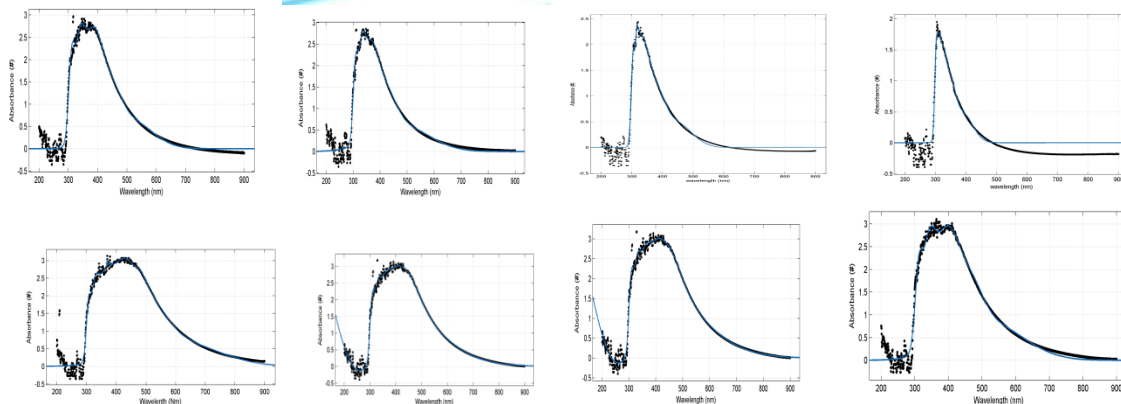
الف

شکل ۱- الف) چینش پرتو دهی دزیمرهای PAGATUG (ب) اسپکتروفوتومتر مورد استفاده برای بررسی اپتیکی برای بررسی اپتیکی از یک اسپکتروفوتومتر (double beam, Shimadzu UV-2100, Japan) استفاده شد (شکل ۱- ب). طیف جذبی PAGATUG که با دزهای مختلف پرتو دهی شده بود در بازه طول موج 200-900 nm با پله های ۲ نانومتری اندازه گیری شد.

## نتایج

میزان جذب اپتیکی در طول موج‌های مختلف برای ویالهای با دز جذبی متفاوت در شکل ۲ نمایش داده شده است. تمامی داده‌های میزان تضعیف بر حسب طول موج را می‌توان به یک تابع گوسی درجه ۵ و بالاتر برازش نمود. این برازش اگرچه دارای معنی فیزیکی خاصی نمی‌باشد، اما همانطور که در ادامه مشاهده می‌شود برای آنالیز پاسخ می‌تواند بسیار حائز اهمیت می‌باشد.

۵ و ۶ اسفندماه ۱۳۹۴ دانشگاه یزد



شکل ۲- تغییرات میزان تضعیف اشعه عبوری از ژل دزیمترهای پرتودیده بر حسب طول موج. دز جذب شده در دزیمترها: ردیف اول از راست به چپ: ۳، ۵، ۷ و ۸ گری. ردیف دوم از راست به چپ: ۱۰، ۱۳، ۱۶، ۲۰ گری. به‌عنوان مثال رابطه تغییرات تضعیف بر حسب طول موج برای دزهای جذبی ۳ Gy در رابطه ۱ نمایش داده شده است. در این برازش  $R^2=0/99$ ،  $Adjusted-R^2=0/99$  می باشد.

(۱)

$$A_{3Gy} = 0.98e^{\left(\frac{\lambda-301.6}{6.824}\right)^2} + 1.039e^{\left(\frac{\lambda-310.5}{9.641}\right)^2} + 0.9446e^{\left(\frac{\lambda-323.9}{14.78}\right)^2} + 0.8275e^{\left(\frac{\lambda-345.3}{24.97}\right)^2} + 0.4742e^{\left(\frac{\lambda-388.1}{47.19}\right)^2}$$

همانطور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، با افزایش دز جذبی برای یک طول موج مشخص ارتفاع نمودار جذب اپتیکی افزایش می‌یابد. شکل ۳ نمودار تغییرات ارتفاع طیف در طول موج ۴۵۰ nm بر حسب دز جذبی می‌باشد. از دز ۵ Gy پاسخ یک رفتار دونمائی را از خود نشان می‌دهد که در رابطه ۲ نشان داده شده است.

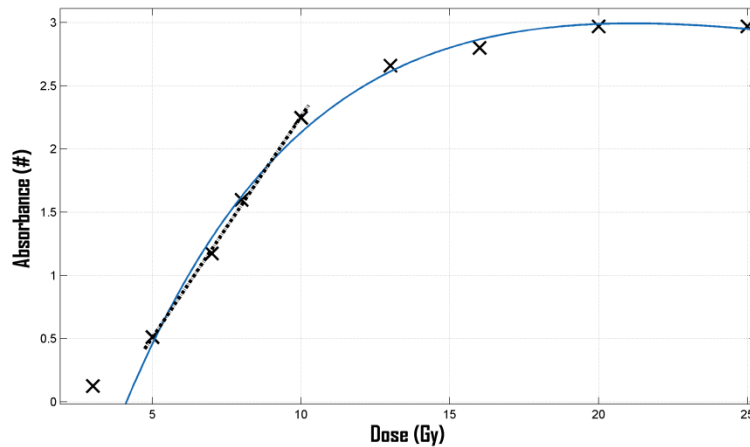
$$Attenuation = 4.897e^{(-0.01714 \times D)} - 8.172e^{(-0.141 \times D)} \quad (2)$$

تغییرات جذب در ناحیه دز جذبی ۵ تا ۱۰ گری خطی می‌باشد که تغییرات آن به صورت رابطه ۳ می‌باشد.

$$Attenuation = 0.3499 \times D - 1.242 \quad (3)$$

D نشان‌دهنده دز جذبی می‌باشد. و همچنین در هر دو رابطه مقادیر  $R^2$  و  $Adjusted-R^2$  حداقل ۰/۹۹ می باشد که نشان دهنده برازشی مساعد به داده های عددی می‌باشد.

۱۶ و ۱۷ اسفندماه ۱۳۹۴ دانشگاه یزد



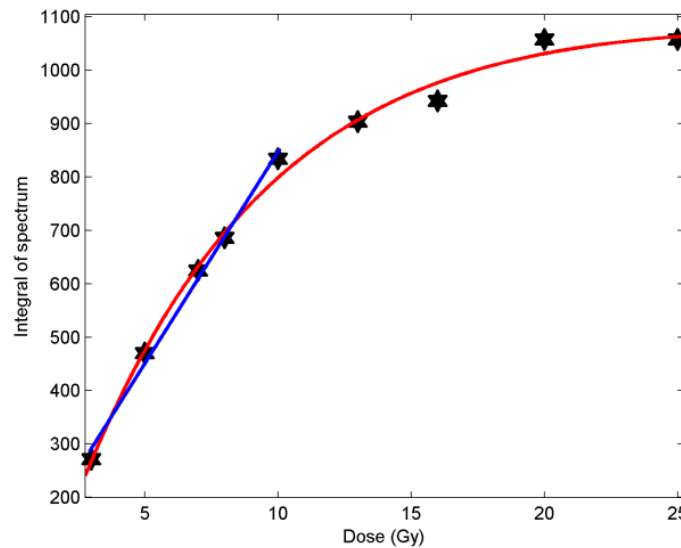
شکل ۳ - نمودار تغییرات ارتفاع طیف در طول موج ۴۵۰ nm بر حسب دز جذبی

اگر به طیف‌های شکل ۲ دقت شود، علاوه بر ارتفاع قله‌ها، عرض قله‌ها نیز با افزایش دز تغییر محسوسی می‌کنند. این موضوع که تا حال توسط دیگر پژوهشگران زمینه ژل دزیمتری نیز بررسی نشده است ایده بررسی سطح زیر منحنی را بوجود آورد. به این منظور با انتگرال‌گیری معین از معادلات گوسی برازش شده به داده‌های طیف اپتیکی سطح زیر نمودارها محاسبه شد. شکل ۴ نمودار تغییرات سطح زیر طیف جذبی برای دزهای مختلف را نشان می‌دهد. تغییرات سطح زیر طیف جذبی نیز به صورت دو نمایی بر حسب دز تغییر می‌کند. این موضوع زمانی جذاب‌تر می‌شود که ناحیه خطی واضحی در بازه ۳ تا ۱۰ گری به خوبی مشاهده می‌شود (شکل ۴). رابطه تغییرات در کل بازه مورد بررسی و ناحیه خطی به ترتیب با روابط ۴ و ۵ مشخص شده است. در هر دو حالت مقادیر  $R^2$  و Adjusted- $R^2$  بیش از ۰/۹۹ بود که برازشی خوب به داده‌های دز-سطح را نشان می‌داد.

$$\text{سطح زیر منحنی} = 1168e^{-0.002127 \times D} - 1343e^{-0.1359 \times D} \quad (۴)$$

$$\text{سطح زیر منحنی} = 79.41 \times D + 53.11 \quad (۵)$$

۱۶ و ۱۷ اسفندماه ۱۳۹۴ دانشگاه یزد



شکل ۴- سطح زیر طیف جذب- طول موج بر حسب دز جذبی

## بحث و نتیجه‌گیری:

میزان جذب نسبی در دزیمتر ژلی- پلیمری PAGATUG در یک طول موج مشخص با تغییرات دز به صورت دو نمایی تغییر می‌کند. پیش از این نشان داده شده بود که میزان پلیمر شکل گرفته به صورت دونمائی با دز جذبی تغییر می‌کند [۵]. پارامترهای خوبی برازش در ناحیه دو نمائی و خطی عملکرد مطلوب دزیمتر با قرائت اپتیکی را تأیید می‌کند. ناحیه‌های دو نمائی و خطی پاسخ اپتیکی PAGATUG با آنچه پیش از این برای دزیمتر BANG بدست آمده بود قابل مقایسه است [۳]. اگرچه در آن کار مارینسکی و همکارانش پاسخ BANG را حداکثر تا ۶ Gy بررسی کردند و رابطه دونمائی تغییرات را بدست نیاورده بودند و همچنین برازش خطی خوبی نیز به داده‌های دز-جذب در همان بازه مورد بررسیشان نیز نداشتند. در حالیکه در پژوهش حاضر پاسخ به مراتب بهتری برای PAGATUG نسبت به دزیمتر ژلی- پلیمری BANG بدست آمد. علاوه بر ارتفاع جذب، سطح زیر طیف جذب اپتیکی نیز مورد بررسی قرار گرفت. مشاهده شد سطح زیر منحنی با افزایش دز به طور قابل توجهی افزایش می‌یابد. این افزایش نیز در حالت کلی دونمائی و در بازه مشخصی از دز خطی است، که این همان مشخصات مطلوب پاسخ برای یک دزیمتر ژلی- پلیمری می‌باشد. آنچه در تغییرات سطح زیر منحنی جذب اپتیکی بر حسب دز جذبی قابل توجه بود، شیب قابل توجه ناحیه خطی بود که همان حساسیت دزیمتر می‌باشد. روش نوین حساسیتی به مراتب بیشتر از تغییرات ارتفاع جذب اپتیکی بر حسب دز جذبی داشت. این موضوع می‌تواند در تعیین توزیع دز در روش‌های پرتودهی که دز با شیب کم تغییر می‌کند، تأثیر بسزائی داشته

۱۶ و ۱۷ اسفندماه ۱۳۹۴ دانشگاه یزد

باشد. پیش از این اثبات شده است که کمترین فاصله جدائی دو مقدار دز مجاور هم نسبت معکوس با حساسیت دارد [۶]. بنابراین با افزایش حساسیت، دقت دز (dose resolution) بهتر می شود. پیشنهاد می شود در آینده سیستم اپتیکی ساخته شود که بر اساس اندازه گیری سطح زیر پیک توزیع دز را به صورت سه بعدی در دزیمتر ژلی پلیمری PAGATUG تعیین کند.

## تقدیر و تشکر

از بخش پرتودهی بیمارستان شهداء تجریش به واسطه همکاری بی دریغشان قدردانی می شود.

## مراجع و ماخذ

1. G. S. Ibbott, Application of gel dosimetry. Journal of Physics. Conference Series 3: p. 58-77.2004
2. Bauster, I.C., M. Oldham, T.A.D. Smith, C. Hayes, S. Webb, and M.O. Leach, Optimized MR 847-858. 2000.imaging for polyacrylamide gel dosimetry. Phys Med Biol. 45: p
3. Maryanski, M.J., Y.Z. Zastavker, and J.C. Gore, Radiation dose distributions in three dimensions from tomographic optical density scanning of polymer gels: II. Optical properties of the BANG polymer gel. Phys Med Biol. 41 p. 2705-2717.1996
4. Abtahi, S.M., S.M.R. Aghamiri, and H. Khalafi, Optical and MRI investigations of an optimized acrylamide-based polymer gel dosimeter. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry. 300(1): p. 287-301.2014
5. De Deene, Y., Essential characteristics of polymer gel dosimeters. J. Phys.: Conf. Ser. 3: p. 34-57.2004
6. Baldock, C., M. Lepage, S.A. Back, P.J. Murry, P.M. Jayasekera, D. Porter, and T. Kron, Dose Med resolution in radiotherapy gel dosimetry: effect of echo spacing in MRI pulse sequence. Phys Biol. 46: p. 449-460.2001